



TUGAS AKHIR – TF 145565

**RANCANG BANGUN TURBIN PELTON PADA
PEMBANGKIT LISTRIK MIKRO HIDRO (PLTMH)
SKALA LABORATORIUM**

**Hanif Adi Rahmawan
NRP 105 115 00000 031**

**Dosen Pembimbing I
Hendra Cordova, S.T., M.T.
NIP. 19690530 199412 1 001**

**Dosen Pembimbing II
Sefi Novendra Patrialova, S.Si., M.T.
NPP. 1991201712053**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



TUGAS AKHIR - TF145565

RANCANG BANGUN TURBIN PELTON PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) SKALA LABORATORIUM

HANIF ADI RAHMAWAN
105 1 15 000 00 031

Pembimbing 1 :
Hendra Cordova, S.T, M.T
NIP. 19690530 199412 1 001

Pembimbing 2 :
Sefi Novendra Patrialova, S.Si, M.T
NPP. 1991 2017 12053

PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TF145565

**DESIGN BUILDING OF PELTON TURBINE ON POWER
PLANT MICROHYDRO LABORATORY SCALE**

HANIF ADI RAHMAWAN
105 1 15 000 00 031

Advisor 1 :
Hendra Cordova, S.T, M.T
NIP. 19690530 199412 1 001

Advisor 2 :
Sefi Novendra Patrialova, S.Si, M.T
NPP. 1991 2017 12053

STUDY PROGRAM DIII INSTRUMENTATION TECHNOLOGY
INSTRUMENTATION ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Vocational
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN I

“RANCANG BANGUN TURBIN PELTON PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO SKALA LABORATORIUM”

TUGAS AKHIR

Oleh :

**HANIF ADI RAHMAWAN
NRP. 105 1 15 000 00 031**

**Surabaya, 30 Juli 2018
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing I



Hendra Cordova, S.T., MT.
NIP. 19690530 199412 1 001

Dosen Pembimbing II



Sefi Novendra Patrialova, S.Si., MT.
NPP. 1991201712053



LEMBAR PENGESAHAN II

“RANCANG BANGUN TURBIN PELTON PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) SKALA LABORATORIUM”

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memperoleh salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Ahli Madya
Pada
Program studi DIII Teknologi Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**HANIF ADI RAHMAWAN
NRP.105 1 15 000 00 031**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Hendra Cordova, S.T., M.T.....Pembimbing I
2. Sefi Novendra Patrialova, S.Si., M.T.....Pembimbing II
3. Ahmad Fauzan Adziima S.T., M.T.....Penguji

**SURABAYA
2018**

RANCANG BANGUN TURBIN PELTON PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO SKALA LABORATORIUM

Nama Mahasiswa : Hanif Adi Rahmawan
NRP : 1051 15 00000 031
Departemen : Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing I : Hendra Cordova S.T.,M.T
Dosen Pembimbing II : Sefi Novendra Patrialova, S.Si., M.T.

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan salah satu sumber energi baru yang lebih murah dan tersedia dalam jumlah yang besar. Maka dari itu dirancang mini plant PLTMH sebagai proses pembelajaran bagi mahasiswa dengan memakai turbin jenis Pelton. Turbin Pelton dianggap memiliki kinerja yang relatif stabil, dalam arti perubahan efisiensi terhadap beban yang bervariasi tidak terlalu besar. Perancangan turbin pelton memanfaatkan Q (*Debit*), H (*Head*) sebagai data awal yang mengacu pada karakteristik pada pompa. Jumlah Nosel sebagai pemancar air yang akan jatuh ke roda turbin sejumlah 1 buah dan berdiameter (d) sebesar 10 mm. Jumlah sudu turbin (Z) sebanyak 25 buah, lebar turbin (b) sebesar 31 mm dan panjang sudu (h) sebesar 32 mm. Turbin dihubungkan dengan generator DC melalui poros turbin dapat menghasilkan listrik sebesar 25 Watt sampai 30 Watt.

Kata kunci : PLTMH, Turbin Pelton

***DESIGN BUILDING OF PELTON TURBINE ON PLANT
POWER PLANT MICROHYDRO LABORATORY SCALE***

Name of Student : Hanif Adi Rahmawan
NRP : 1051 15 00000 031
Departement : Teknik Instrumentasi
Supervisor I : Hendra Cordova S.T., M.T.
Supervisor II : Sefi Novendra Patrialova S.Si., M.T.

ABSTRACT

Micro Hydro Power Plants is one of the new energy sources that are cheaper and available in large quantities. Therefore, micro hydro power plant is designed as a learning process for students using turbine Pelton type. Pelton turbine is considered to have relatively stable performance, in the sense that changes in the efficiency of loads vary not too great. The design of pelton turbine utilizes Q (discharge), H (Head) as the initial data which refers to the characteristics of the pump. Number of nozzles as water transmitters that will fall into the turbine wheel of 1 piece and berdiamter (d) of 10 mm. Number of turbine blades (Z) of 25 pieces, turbine width (b) of 31 mm and blade length (h) of 32 mm. the turbine connected with the DC generator through the turbine shaft can generate electricity of 25 Watt to 30 Watt

Keywords: PLTMH, Pelton Pelton

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat dan kebesaran-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN TURBIN PELTON PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO SKALA LABORATORIUM

Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih ang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc selaku kepala departemen teknik instrumentasi ITS, Surabaya.
2. Bapak Hendra Cordova, S.T, M.T selaku dosen pembimbing pertama Tugas Akhir.
3. Bapak Sefi Novendra Patrialova, S.Si, M.T selaku dosen pembimbing kedua Tugas Akhir.
4. Keluarga tercinta, orangtua penulis terima kasih atas dorongan semangatnya, bantuan dan dukungannya selama ini sehingga laporan ini dapat selesai dengan baik.
5. Rekan-rekan team tugas akhir PLTMH atas kekompakan dan kerjasamanya.
6. Teman-teman D3 Teknik Instrumentasi angkatan 2015 yang membantu dan mensupport selama kegiatan Tugas Akhir berlangsung.
7. Seluruh karyawan dan staff Departemen Teknik Instrumentasi yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh karena itu, penulis sangat berterimakasih atas segala masukan, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar laporan ini menjadi lebaiah baik lagi untuk di kemudian hari. Demikian laporan ini penulis buat, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 27 Juli 2018
Penulis

Hanif Adi Rahmawan
NRP. 10 5115 00000 031

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II.....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1 Pengertian Turbin	5
2.2 Klasifikasi Turbin.....	5
2.2.1 Turbin Reaksi	6
2.2.2 Turbin Impuls.....	8
2.3 Pemilihan Turbin.....	12
2.4 Aliran Melalui Sudu	14
2.5 Teori Dasar Aliran.....	15

BAB III.....	17
METODOLOGI PERANCANGAN	17
3.1 Alat dan Bahan	17
3.2 Langkah Penyusunan Tugas Akhir.....	17
3.3 Diagram Air Pemilihan Turbin Pelton.....	18
3.4 Diagram Alir Perancangan Dimensi Nosel	19
3.5 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Sudu dan <i>Runner</i>	20
BAB IV.....	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil Perhitungan	23
4.1.1 Data Awal	23
4.1.2 Perhitungan Daya Air (WHP).....	23
4.1.3 Perhitungan Daya Turbin.....	24
4.1.4 Perhitungan Putaran Spesifik.....	24
4.1.5 Perencanaan Dimensi Utama Nosel.....	24
4.1.6 Perancangan Dimensi Utama Sudu dan <i>Runner</i>	27
4.1.7 Pengujian Performansi Turbin Pelton.....	31
4.2 Pembahasan	36
BAB V	37
KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN	41
BIODATA PENULIS.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Pelton	10
Gambar 2.2 Kurva Pemilihan Turbin Berdasarkan <i>Head</i> dan Putaran Spesifik	13
Gambar 2.3 Segitiga Kecepatan Pada Sudu Turbin Pelton	14
Gambar 3.1 Diagram Air Pemilihan Turbin Pelton	18
Gambar 3.2 Perencanaan Dimensi Nosel	19
Gambar 3.3 Perencanaan Sudu dan <i>Runner</i>	21
Gambar 4.1 Dimensi Nosel	26
Gambar 4.2 Dimensi Sudu	29
Gambar 4.3 Desain Turbin Pelton	29
Gambar 4.4 Hasil Perencanaan Nosel	30
Gambar 4.5 Hasil Perencanaan Sudu dan <i>Runner</i>	31
Gambar 4.6 Instalasi Plant	32
Gambar 4.7 Grafik Daya – Efisiensi dengan Putaran Konstan	35

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Parameter Hasil Perhitungan Nosel.....	30
Tabel 4.2 Parameter Hasil Perhitungan Sudu dan <i>Runner</i>	30
Tabel 4.3 Daya Teoritis dan Aktual.....	33
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Tanpa Beban	33
Tabel 4.5 Data Pengujian dengan Variasi Beban.....	34
Tabel 4.6 Efisiensi Turbin Pelton dengan Beban	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi hampir semua negara meningkat secara signifikan. Tetapi jika dilihat dari energi yang dapat dihasilkan sangat terbatas dan juga masih sangat mahal untuk mendapatkannya. Hal ini mengakibatkan krisis energi yang melanda dunia dewasa ini telah menarik perhatian para ahli untuk menemukan sumber-sumber energi baru yang lebih murah, yang tersedia dalam jumlah yang besar. Hal ini berkaitan dengan semakin banyak dan meningkatnya pemakaian penggunaan energi (Yogi, n.d.) Dari kondisi ini, Departemen Teknik Instrumentasi ITS memiliki peluang untuk berpartisipasi dalam pembentukan sumber daya manusia agar mempunyai skill yang komponen pada sistem pembangkit listrik melalui program Tempat Uji Kompetensi (TUK) yang mana nantinya akan diajarkan pada mahasiswa untuk memahami sistem pembangkit listrik.

Dalam menjalankan program TUK, Departemen Teknik instrumentasi ITS menawarkan mahasiswa tingkat akhir untuk membuat alat yang sesuai dengan capaian pembelajaran seperti sistem pengendalian suatu plant dengan menggunakan parameter seperti *level, temperature, flow, pressure dan analytic*. Salah satu alat yang menjadi bahan praktikum adalah mengenai Pembangkit Listrik Tenaga *Micro Hydro* (PLTMH). Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga *Micro Hydro* (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air.

PLTMH memanfaatkan energi potensial atau energi kinetik air. Untuk merubah energi potensial maupun kinetik air dibutuhkan peralatan misalnya turbin Pelton. Energi potensial air dipengaruhi oleh ketinggiannya, sedangkan energi kinetik dipengaruhi oleh kecepatan air tersebut. Turbin Pelton merupakan turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik

air. Semprotan (*jet*) air yang berkecepatan tinggi mengenai buket runner dan setelah menggerakkan runner air keluar pada kecepatan rendah, yang berarti sebagian energinya tidak diserap oleh *runner*. Tekanan air masuk dan keluar sudu adalah tekanan atmosfer (Hadimi, 2015). Oleh karena itu dibuat tugas akhir tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yang sesuai dengan standar TUK dimana dalam TA ini digunakan untuk pengujian atau praktikum berupa pengendalian *level*, aliran dan memanfaatkan daya putar turbin yang mana turbin yang digunakan adalah turbin pelton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara merancang turbin pelton pada pembangkit listrik tenaga *micro hydro* skala laboratorium.
2. Bagaimana cara menentukan parameter turbin pelton pada pembangkit listrik tenaga *micro hydro* skala laboratorium.

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memperoleh pertimbangan dalam pemilihan turbin pelton serta memperoleh dimensi komponen utama dan komponen pendukung turbin pelton microhidro antara lain meliputi:

1. Untuk mendesain turbin pelton dengan daya sebesar 15 Watt
2. Untuk menentukan parameter turbin pelton

1.4 Batasan Masalah

Adapun batas ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Turbin air yang digunakan perancangan ini adalah jenis turbin pelton

2. Perancangan dititikberatkan pada perancangan *runner* turbin dan nosel

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem pengendalian aliran nosel pada PLTMH mendapatkan debit aliran air yang sesuai agar dapat memutar turbin dan juga dapat dijadikan sebagai ajang menambah pengetahuan (praktikum) bagi mahasiswa Teknik Instrumentasi tentang sistem kontrol pada *power plant*.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Turbin

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Fluida yang bergerak menjadikan baling-baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Bagian turbin yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Roda turbin terletak didalam rumah turbin dan roda turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar bebannya yaitu generator, listrik, pompa, kompresor, baling-baling atau mesin lainnya. Didalam turbin, fluida kerja mengalami proses ekspansi, yaitu penurunan tekanan, dan mengalir secara kontinyu. Putaran yang dihasilkan oleh turbin mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan kegenerator listrik untuk diubah menjadi energi listrik.

Pada roda turbin terdapat sudu, sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut (Juneidy, 2016)

2.2 Klasifikasi Turbin

Energi potensial air sebagian atau seluruhnya berubah menjadi energi kinetik sebelum melewati rotor turbin. Berubahnya energi potensial menjadi energi kinetik disertai dengan penurunan tekanan (ekspansi) yang terjadi pada fluida air.

Bila dilihat dari proses penurunan tekanan fluida kerja suatu turbin, maka turbin air dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Turbin Reaksi (Francis, Kaplan/Propeller)
2. Turbin impuls (Pelton, Turgo)

2.2.1 Turbin Reaksi

Pada turbin reaksi aliran air yang masuk kedalam rumah turbin dalam keadaan bertekanan dan kemudian mengalir masuk ke celah-celah bagian sudu yang dimana air akan memutar balin-baling pada turbin. Sewaktu aliran air masuk mengalir ke sekeliling sudu piringan, turbin akan berputar secara maksimal sesuai debit aliran yang masuk kedalam rumah turbin dan saluran belakang (*tail race*) akan terendam air seluruhnya. Tinggi laju aliran air sewaktu mengalir ke sekeliling sudu akan diubah menjadi tinggi laju kecepatan dan akhirnya berkurang hingga tekanan atmosfer sebelum meninggalkan piringan turbin. Yang termasuk kedalam jenis ini adalah turbin Francis dan Kaplan.

Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Turbin jenis ini adalah turbin yang paling banyak digunakan. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Untuk tipe turbin reaksi runner sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin. Turbin reaksi disebut juga dengan turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk roda turbin lebih besar dari pada tekanan air saat keluar roda turbin. Secara umum dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk ke roda turbin mempunyai energi penuh, kemudian energi ini dipakai sebagian untuk menggerakkan roda turbin dan sebagian lagi dipergunakan untuk mengeluarkan air ke saluran pembuangan. Contoh turbin reaksi adalah turbin Francis, turbin Propeler dan turbin Kaplan (Friska, 2018).

2.2.1.1 Turbin Francis

Turbin francis adalah turbin jenis reaksi yang bekerja karena tekanan pada roda turbin sehingga mengakibatkan roda turbin berputar dimana aliran air melalui rumah keong yang diarahkan

dengan sudu pengarah menuju sudu jalan dari roda turbin. Daya yang dihasilkan oleh turbin dapat diatur dengan cara mengatur posisi sudu diam, sehingga aliran air yang menumbuk roda turbin dapat diatur. Penggerak dari turbin terdiri dari sebuah nomor dari pisau melengkung yang berjumlah banyak. Pada saat waktu air masuk dengan bertekanan ke roda jalan sebagian dari energi tinggi jatuh dimanfaatkan oleh sudu *impeller* turbin dan dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh air bekerja pada sudu jalan dengan semaksimal mungkin. Komponen pipa isap pada turbin Francis berfungsi sebagai sudu hantar yang terdapat pada pompa *sentrifugal* dan pada dasarnya pelaksanaan kerja untuk sudu pengarah semuanya terbenam dalam air.

Perubahan energi potensial menjadi energi kinetik sebagian besar terjadi dalam nosel (*guide blade*) dan sebagian lagi terjadi dalam lorong runner. Penurunan tekanan yang terlalu besar pada lorong dapat menyebabkan tekanan dalam lorong sangat rendah, bila tekanan dalam lorong hingga mencapai tekanan di bawah tekanan uap jenuh air maka *kavitasi* terbentuk dalam aliran tersebut. Terjadinya *kavitasi* dalam lorong sudu dapat menyebabkan kerusakan akut pada dinding lorong sudu akibat proses korosi hasil persinggungan antara uap dan dinding lorong. Selain itu terjadinya *kavitasi* dapat mengakibatkan getaran pada *runner* dan menurunkan daya mekanis pada poros turbin (Sutikno, 2011).

2.2.1.2 Turbin Kaplan

Turbin kaplan adalah sejenis turbin air jenis propeller yang memiliki sudu yang bisa diatur. Turbin Kaplan berkembang tahun 1913 oleh profesor Austria Viktor kaplan, dengan mengkombinasi secara otomatis baling-baling yang dapat diadjust dengan otomatis. Turbin Kaplan merupakan pengembangan dari turbin francis dan menggunakan head yang rendah berkisar 10-70 meter dan output daya 5-200 MV dan tak dicapai turbin francis. Diameter runner adalah 2 – 11 meter. Kisaran rotasi turbin adalah 79-429 rpm. Turbin Kaplan masuk kategori turbin reaksi aliran kedalam, berarti

bahwa fluida perubahan tekanan bekerja ketika bergerak menubruk turbin dan memberikan energi.

Dietzel, (1996) menjelaskan bahwa turbin Kaplan sesuai dengan persamaan Euler yaitu makin kecil tinggi air jatuh yang tersedia, makin sedikit pula belokan aliran air didalam sudu jalan. Dengan bertambahnya kapasitas air yang masuk ke dalam turbin, maka akan bertambah besar pula luas penampang saluran yang dilalui air, dan dengan demikian kecepatan putar turbin bisa dipilih atau ditentukan lebih tinggi. Pada awalnya turbin ini menggunakan roda baling-baling dengan sudu-sudu tetap yang dituang dan cocok untuk pusat tenaga air yang dibangun di sungai. Oleh Prof. Kaplan turbin baling-baling dikembangkan sehingga sudu jalan tersebut dapat diputar didalam leher poros. Dengan demikian sudut sudu dapat diatur sesuai dengan kondisi operasi turbin saat itu (Andi S, 2013).

2.2.2 Turbin Impuls

Ciri utama dan turbin jenis impuls adalah tekanan jatuh hanya terjadi pada sudu tetap, dan tidak terjadi pada sudu berputar. Pada turbin air jenis impuls, misalkan turbin pelton, air tidak memenuhi saluran. Oleh karena itu persamaan kontinuitas tidak dapat diterapkan. Energi fluida masuk sudu gerak, dalam bentuk energi kinetik pancaran air yang dihasilkan oleh nosel. Pada sudu, energi air diubah menjadi energi mekanis putaran poros dan sebagian hilang antara lain karena perubahan arah aliran, gesekan serta sisa kecepatan yang keluar sudu dan tidak dapat dimanfaatkan.

Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin diubah menjadi energi kecepatan. Banyak turbin air jenis impuls yang pernah dibuat, namun yang masih banyak ditemukan saat sekarang adalah turbin Pelton dengan bentuk sudu yang terbelah ditengah. Posisi poros dapat dibuat tegak (*vertikal*) atau mendatar (*horisontal*).

Umumnya turbin impuls digunakan untuk beda ketinggian permukaan air yang lebih besar dan 400 m. Namun kadang-kadang

juga dibuat untuk kurang dari 300 m, untuk pembangkit daya kecil. Dalam hal ini dipilih turbin reaksi (dengan nilai n_s yang besar). Turbin harus beroperasi dengan putaran tinggi dan kekuatan material dapat menjadi masalah. Turbin impuls yang umumnya memanfaatkan beda ketinggian permukaan air atau head yang besar, fluktuatif dari head gross umumnya relatif kecil. Untuk menyelesaikan dengan beban yang berubah-ubah, diatur besarnya Q untuk mendapatkan kecepatan putar yang konstan. Pengaturan Q harus dilakukan secara tepat. Namun tidak menimbulkan *water hummer* pada penstock maupun saluran air lainnya.

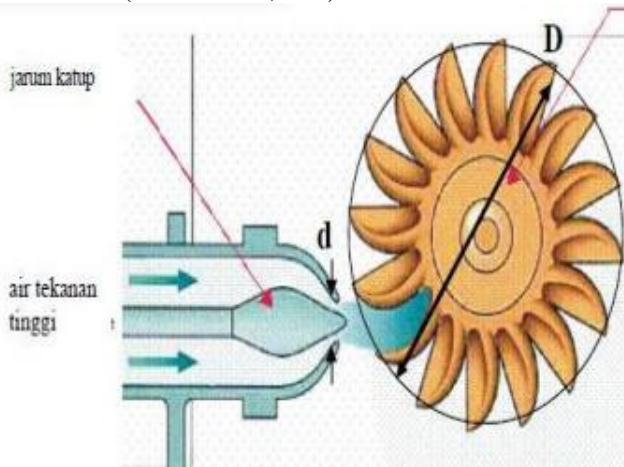
Pada sistem dengan pembelokan pancaran, sebagian dari pancaran air dibelokkan dengan plat pembelok secara cepat, sehingga jumlah air menumbuk sudu berkurang. Kemudian jarum nosel secara pelan-pelan digerakkan untuk mengurangi jumlah air didalam saluran sedikit demi sedikit. Bersamaan dengan itu, plat pembelok dikembalikan ke posisi semula. Dengan demikian pengaturan Q dapat dilakukan secara cepat tanpa menimbulkan bahaya *water hummer* dan pemborosan penggunaan air dapat dicegah. Dalam instalasi turbin ini semua energi (*Geodetic* dan tekanan) diubah menjadi kecepatan keluar nosel. Dalam turbin ini juga, tidak semua sudu menerima hampasan air melainkan secara bergantian tergantung posisi sudu tersebut (Ryan, n,d)

2.2.2.1 Turbin Turgo

Turbin turgo termasuk jenis impuls, dengan aliran air sejajar sumbu poros roda. Turbin jenis ini mempunyai dua nosel seperti pelton. Pada turbin pelton pancaran air menumbuk bucket ditengah sedangkan pada turbin Turgo pancaran air menumbuk pada salah satu ujung bucket dan keluar pada ujung lain. Aliran air diatur seperti halnya pada turbin pelton. Untuk jumlah pancaran air dan diameter pancaran air yang sama besar, diameter dari turbin turgo lebih kecil dari turbin pelton. Namun mempunyai kecepatan keliling yang lebih besar dari turbin Pelton. Turbin Pelton biasa digunakan untuk pembangkit daya kecil sampai medium, dengan beda ketinggian air sampai 280 meter dan putaran 2000 rpm (Wibowo, 2007).

2.2.2.2 Turbin Pelton

Pemilihan jenis turbin umumnya didasarkan pada besarnya kecepatan spesifik dari kondisi kerjanya. Kecepatan spesifik adalah kecepatan turbin model (turbin dengan bentuk sama tetapi skalanya berlainan). Kecepatan spesifik dipakai sebagai tanda batasan untuk membedakan tipe roda turbin dan dipakai sebagai suatu besaran yang penting dalam merencanakan turbin air. Turbin Pelton termasuk dalam kelompok jenis turbin Impuls. Karakteristik umumnya adalah pemasukan sebagian aliran air ke dalam *runner* pada tekanan atmosfir. Pada turbin Pelton puntiran terjadi akibat pembelokan pancaran air pada mangkok ganda *runner*. Oleh karena itu maka turbin pelton juga disebut Turbin Pancaran Bebas. Penyempurnaan terbesar yang dilakukan Pelton (sebagai penemu turbin) yakni dengan menerapkan mangkok ganda simetris. Pada dasarnya turbin terdiri atas bagian – bagian : *Runner*, Nosel dan Rumah turbin (Ali Thobari, n.d.).



Gambar 2.1 Turbin Pelton
(Ryan, n.d)

Komponen utama Turbin Pelton terdiri atas (Ceri Steward poea, 2012):

1. Rumah Turbin

Rumah turbin selain sebagai tempat turbin terpasang juga berfungsi menangkap dan membelokkan percikan aliran air keluar mangkuk sedemikian hingga baik *runner* maupun pancaran tidak terganggu.

2. *Runner*

Runner turbin pelton pada dasarnya terdiri atas cakera dan sejumlah mangkuk terpasang sekelilingnya. Kecepatan keliling *runner* dapat dihitung dengan persamaan: (Eisenring, M, 1994)

$$U_1 = k_u (2 \cdot g H_n)^{1/2} \quad (2.1)$$

Dimana :

U_1 = kecepatan keliling optimal (m/s)

k_u = koefisien 0.45- 0.49

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

H_n = tinggi jatuh efektif (m)

Diameter luar *runner* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$D_0 = D + 1.2 h \quad (2.2)$$

$$D = \frac{60 \cdot u_1 \cdot i}{\pi \cdot n_g} \quad (2.3)$$

Dimana :

D_0 = Diameter luar *runner* (m)

D = Diameter lingkaran tusuk (DLT) (m)

h = Tinggi mangkuk (m)

i = Angka perbandingan putaran

n_g = Putaran mesin yang digerakkan (rpm)

3. Nosel

Nosel terdiri atas bagian selubung serupa hidung yang dipasang pada pipa, dan jarum nosel yang biasa digerakkan didalam belokan pipa kerucut jarum dan selubung yang cepat aus. Kecepatan mutlak dapat dihitung dengan persamaan (Eisenring, M, 1994) :

$$c_1 = k_c \cdot \sqrt{2 \cdot g H_n} \quad (2.4)$$

Dimana :

c_1 = kecepatan mutlak jet (m/s)

k_c = koefisien nosel (0,96-0,98)

g = percepatan grafitasi m/s^2

H_n = *Head* efektif (m)

4. Sudu

Sudu turbin Pelton dipasang ke rotor dengan sambungan positif. Dilakukan dengan memberi bent dovetail pada tangkai sudu. Jumlah mangkuk optimal dihitung dengan persamaan :

$$z = \frac{\pi \cdot D}{2d} + 15 \quad (2.5)$$

diameter jet optimal dapat dihitung dengan persamaan :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot c_1}} \quad (2.6)$$

Dimana:

D = diameter lingkaran tusuk (DLT) (m)

d = diameter jet optimal (m) Q = debit air (m^3/s)

c_1 = kecepatan mutlak jet (m/s)

z = jumlah mangkuk optimal

5. Generator

Generator adalah mesin mengelola energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator adalah rotor yang digerakkan oleh turbin sehingga menimbulkan tenaga listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bias berupa listrik AC (bolak-balik) maupun DC (Searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik.

2.3 Pemilihan Turbin

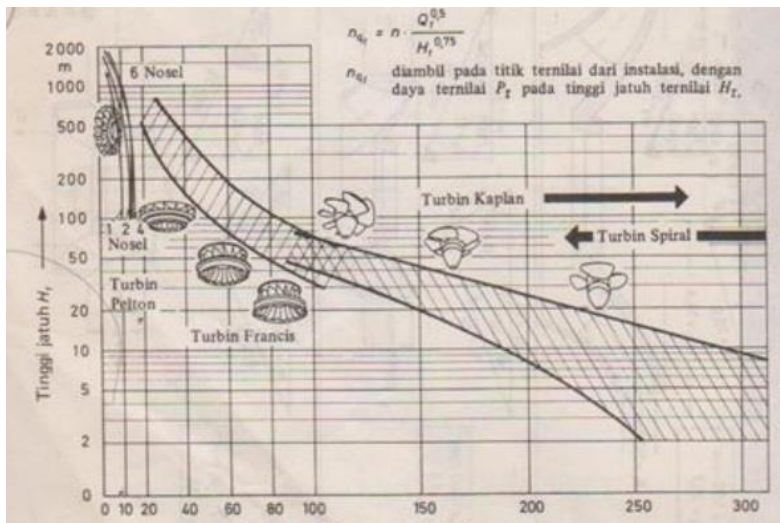
Turbin secara kasar dapat diklasifikasikan sebagai turbin head tinggi, head medium dan head rendah. Namun klasifikasi ini adalah relative untuk suatu ukuran mesin.

Dalam pemilihan turbin adalah :

- a. *Head netto* dimana turbin akan diinstalasikan, parameter ini merupakan faktor terpenting dalam memilih jenis turbin. Turbin pelton tidak dapat beroperasi dengan baik pada *head*

yang rendah dan turbin Propeller tidak efisien beroperasi pada *head* yang tinggi.

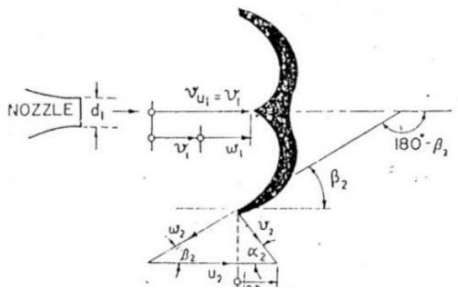
- b. Hubungan antara *head netto* yang tersedia dengan daya turbin yang dihasilkan.
- c. Putaran operasi turbin. Untuk keperluan tertentu misalnya turbin sebagai penggerak generator pembangkit listrik maka putaran putaran poros turbin harus konstan dengan nilai putaran disesuaikan dengan putaran generator. Hal ini agar tidak dibutuhkan perubahan tingkat kecepatan pada transmisi yang terlalu besar.



Gambar 2.2 Kurva Pemilihan Turbin Berdasarkan *Head* dan Putaran Spesifik (Tohari,2015)

2.4 Aliran Melalui Sudu

Pola aliran pada *inlet* dan *outlet* dari sudu yang berputar dengan kecepatan sudut ω konstan dapat dijelaskan melalui segitiga kecepatan. Kecepatan absolut C_1 pada *inlet* sudu dibagi menjadi komponen dengan arah meridian dari kecepatan keliling $U_1 = \omega \cdot r_1$ dan kecepatan relatif W_1 . Komponen dengan arah meridian dari kecepatan absolut adalah C_{r1} dan komponen arah tangensial yang searah dengan kecepatan keliling adalah C_{u1} . Kecepatan absolut pada sisi outlet C_2 dibagi menjadi komponen kecepatan keliling $U_2 = \omega \cdot r_2$ dan kecepatan relatif W_2 . Sudut antara vektor kecepatan relatif W_1 dan kecepatan peripheral U_1 disebut β_1 , sedangkan sudut antara vektor dengan kecepatan absolut C_1 dan kecepatan tangensial C_{u1} disebut α_1 . Pada turbin pelton sudut α_1 adalah nol, karena aliran masuk sudu adalah arah tangensial sehingga arah komponen kecepatan U_1 , W_1 , dan C_1 adalah sama arahnya sehingga diperoleh hubungan yaitu $C_{u1} = C_u = W_1 + U_1$. Harga kecepatan keliling U_1 akan sama dengan U_2 jika aliran yang melewati bucket tidak mengalami kerugian energi. Maka aliran yang terbentuk akan mengalir secara tangensial terhadap kelengkungan sudu sampai ujung keluar sudu dimana antara vektor kecepatan relatif outlet W_2 dan vektor kecepatan keliling U_2 akan membentuk β_2 biasanya pada turbin pelton berkisar antara 4° sampai 10° karena tidak mungkin untuk mendefleksikan aliran sampai 180° (Tiar, 2010)



Gambar 2.3 Segitiga Kecepatan Pada Sudu Turbin Pelton
(Ali, n.d)

Gambar segitiga kecepatan diatas mempunyai sebuah karakteristik nomenklatur yang dibutuhkan, antara lain :

v_2 = disebut kecepatan mutlak (*absolute*), karena daerah sekelilingnya adalah tetap diam tidak bergerak, kecuali bejana yang dilewati aliran bergerak dengan kecepatan u .

ω = disebut kecepatan relatif, karena berhubungan dengan bagian sebelah dalam bejana yang bergerak.

u = disebut kecepatan tangensial roda turbin

2.5 Teori Dasar Aliran

Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat-pusat tenaga air dibangun disungai-sungai dan di pegunungan. Pusat tenaga air tersebut dibedakan dalam dua golongan yaitu pusat tenaga air tekanan tinggi dan pusat tenaga air tekanan rendah. Dengan didirikannya bendungan didaerah yang tinggi mempunyai energi daya air yang besar dan terdapat sebuah *reservoir* air yang cukup besar. Dengan menggunakan pipa, air tersebut dialirkan ke rumah pesat tenaga yang dibangun dibagian bawah bendungan dan didalam rumah tersebut telah dipasang nosel. Melalui nosel, air memancarkan keluar dan memutar roda turbin.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Alat dan Bahan

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan pada perancangan adalah sebagai berikut :

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. Penggaris | 7. Nosel |
| 2. Jangka sorong | 8. Generator |
| 3. Sudu turbin | 9. <i>PolyAmide</i> |
| 4. Dudukan sudu | 10. Baja |
| 5. Bantalan | 11. Besi |
| 6. Poros | |

3.2 Langkah Penyusunan Tugas Akhir

3.2.1 Penentuan Parameter Awal yang dibutuhkan

Parameter awal yang dibutuhkan untuk melakukan perancangan turbin pelton adalah sebagai berikut :

- a. Debit Air
- b. Tinggi jatuh air
- c. Efisiensi Turbin
- d. Putaran Turbin

3.2.2 Studi literatur

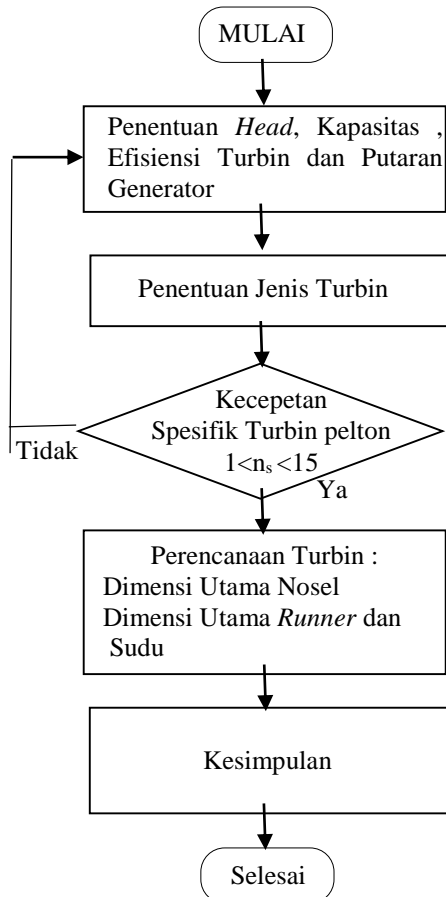
Mempelajari dan memahami berbagai literatur yang mendukung teori untuk proses perancangan turbin pelton mikrohidro.

3.2.3 Perancangan Turbin Pelton

Melakukan perancangan dan perhitungan yang diperlukan sehingga diperoleh hasil rancangan turbin yang sesuai yang diinginkan. Tahapan perancangan yang dilakukan meliputi :

- a. Perancangan nosel
- b. Perancangan dimensi *runner*
- c. Perancangan Sudu

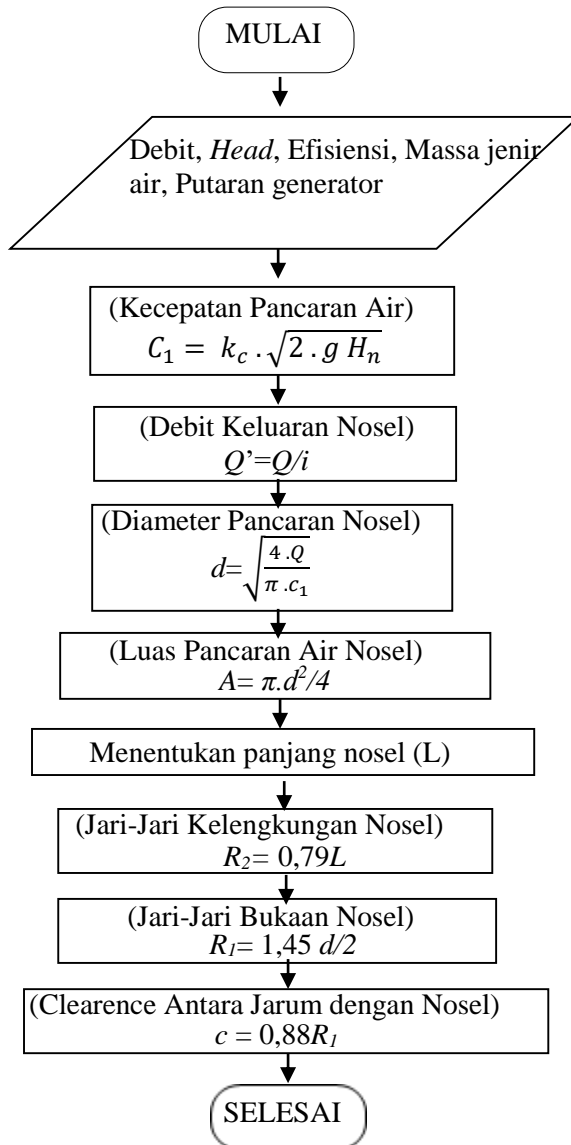
3.3 Diagram Air Pemilihan Turbin Pelton



Gambar 3.1 Diagram Air Pemilihan Turbin Pelton

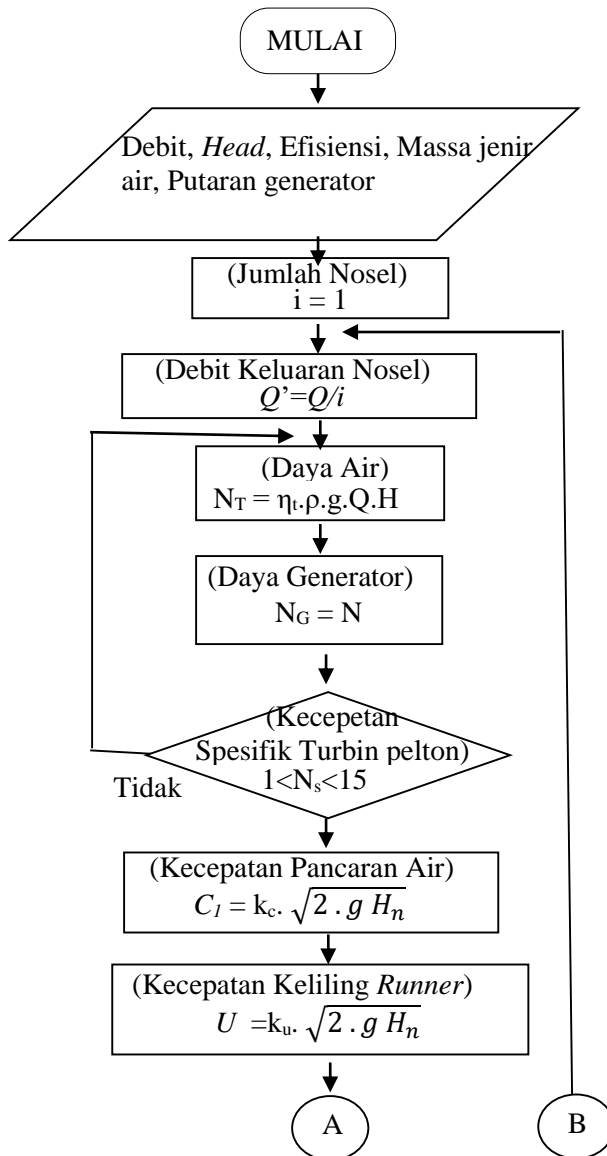
Gambar diatas adalah diagram alir pemilihan turbin Pelton, untuk jenis turbin pelton kecepatan spesifiknya $1 < n_s < 15$

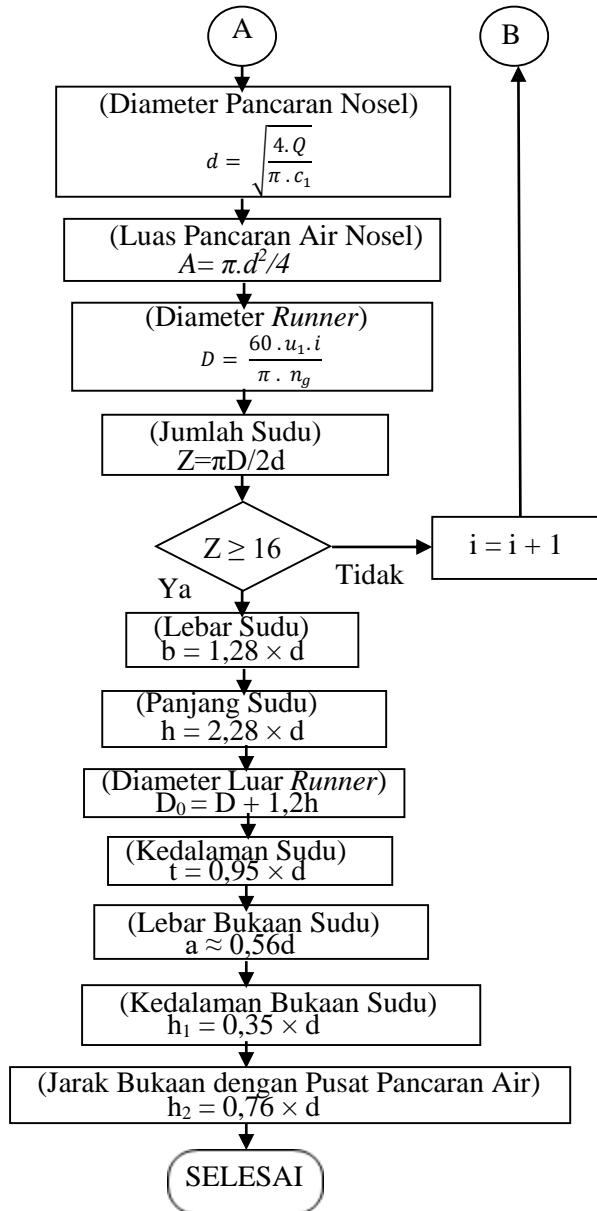
3.4 Diagram Alir Perancangan Dimensi Nosel



Gambar 3.2 Perencanaan Dimensi Nosel

3.5 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Sudu dan *Runner*





Gambar 3.3 Perencanaan Sudu dan *Runner*

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan

Pada perancangan turbin jenis pelton dibutuhkan parameter – parameter dari nosel, *runner* dan sudu. Untuk hasil perhitungan dibutuhkan data awal sebagai acuan untuk menentukan parameter agar dapat diketahui. Data awal diperoleh dari spesifikasi pompa dan asumsi perancangan turbin pelton.

4.1.1 Data Awal

Data yang diambil dalam, Tugas Akhir ini didapatkan dari kurva karakteristik pompa dengan mempertimbangkan *head* efektif instalasi sebesar 5 meter, sehingga didapatkan data sebagai berikut :

- Kapasitas (Q) : 50 l/m
- *Head* : 5 meter
- Massa Jenis air () : 1000 kg/m³

Direncanakan sebuah *impeller* turbin pelton dengan perencanaan sebagai berikut :

- Putaran Turbin : 500 rpm
- Efisiensi turbin : 80%

4.1.2 Perhitungan Daya Air (WHP)

Untuk menghitung besarnya daya air dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} WHP &= \gamma \cdot Q \cdot H \\ &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,0008 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 5 \text{ m} \\ &= 39,24 \text{ W} \end{aligned}$$

Jadi didapatkan daya air (WHP) yang dihasilkan turbin adalah sebesar 39,24 W.

4.1.3 Perhitungan Daya Turbin

Daya turbin yang dihasilkan dengan nilai efisiensi turbin direncanakan sebesar 80%, maka :

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_t}{WHP} \\ P_t &= \eta_T \cdot WHP \\ P_t &= 0,8 \cdot 39,63 \text{ W} \\ &= 31,39 \text{ W}\end{aligned}$$

Jadi didapatkan daya turbin sebesar 31,39 W

4.1.4 Perhitungan Putaran Spesifik

Putaran spesifik digunakan untuk menentukan jenis turbin yang akan dipakai atau dalam hal ini penghitungan putaran spesifik digunakan untuk menentukan apakah penggunaan turbin pelton sudah tepat. Rumus yang digunakan untuk menentukan putaran spesifik, yaitu :

$$n_s = \frac{n\sqrt{Q}}{(H)^{\frac{3}{4}}}$$

Dengan perencanaan putaran turbin sebesar 500 rpm maka,

$$\begin{aligned}n_s &= \frac{500\sqrt{0,0008}}{(9)^{\frac{3}{4}}} \\ &= \frac{14,14}{3,75} \\ &= 3,77\end{aligned}$$

Dengan harga kecepatan spesifik $n_g = 3,77$ maka perencanaan ini masuk ke dalam jenis turbin pelton. Batasan kecepatan spesifik turbin pelton $1 < n_s < 15$ per menit.

4.1.5 Perencanaan Dimensi Utama Nosel

Dimensi utama nosel ini meliputi nosel dan jarum nosel, dibuat menggunakan material besi.

4.1.5.1 Perhitungan Kecepatan Keliling *Runner* (U)

Dengan $n_s = 1,5$ maka kecepatan linier turbin dapat dihitung sebagai berikut :

$$U = e \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,43 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 5} \\
 &= 4,25 \text{ m/s} \\
 \theta \text{ (speed ratio) adalah } 0,43\text{-}0,48
 \end{aligned}$$

4.1.5.2 Perhitungan Kecepatan Pancaran (C_1)

Kecepatan pancaran air dengan asumsi koefisien nosel yaitu sebesar 0,98 dapat dihitung sesuai perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_1 &= k\sqrt{2 \cdot g \cdot H} \\
 &= 0,98\sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 5} \\
 &= 9,7 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

4.1.5.3 Perhitungan Debit Keluaran Nosel, Q'

Debit keluaran nosel dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q' &= \frac{Q}{i} && \text{dimana } i \text{ adalah jumlah nosel} \\
 Q' &= \frac{0,0008}{1} \\
 &= 0,0008 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

4.1.5.4 Perhitungan Diameter Pancaran nosel, d_0

Dari persamaan 8.6 ini dengan kecepatan semprotan air (jet) C_1 dan debit keluaran nosel Q' yang diketahui maka diameter nosel dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d_0 &= \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot C_1}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0008}{3,14 \cdot 9,7}} \\
 &= 0,0102 \text{ m} \\
 &= 10,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.1.5.5 Luas Pancaran Air pada Nosel, A

Dari persamaan ini dengan diameter pancaran nosel yang diketahui maka luas pancaran air pada nosel dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\pi}{4} \cdot d_o^2 \\
 &= \frac{\pi}{4} \cdot 10,2^2 \text{ mm} \\
 &= 81,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.1.5.6 Jari-jari Bukaam Nosel, R_1

Dari persamaan ini dengan diameter pancaran nosel maka jari-jari nosel dapat diketahui sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R_1 &= (1,35 - 1,55) \frac{d_o}{2} \\
 &= 1,45 \frac{10,2 \text{ mm}}{2} \\
 &= 7,39 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.1.5.7 Clearence Antara jarum dengan Nosel, c

Dari persamaan ini dengan diameter pancaran nosel maka jarak clearance antara jarum dengan nosel dapat dihitung sebagai berikut :

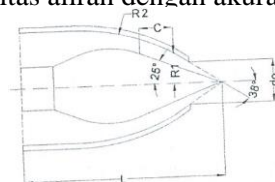
$$\begin{aligned}
 c &= (0,8 - 0,96)R_1 \\
 &= 0,88 \times 7,39 \\
 &= 6,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.1.5.8 Menentukan Sudut Bukaam pada Jarum

Dalam perancangan nosel turbin pelton besarnya sudut bukaan nosel, θ berkisar antara 30° sampai 45° , sedangkan sudut bukaan jarum berkisar. θ berkisar 20° sampai 30° . Pada perancangan ini diambil rata-rata berkisar sebagai berikut :

- Sudut bukaam nosel = 38°
- Sudut bukaan jarum = 25°

Mekanisme jarum bukaan nosel untuk mengubah kapasitas aliran dengan mekanisme ulir sehingga dapat memastikan perubahan kapasitas aliran dengan akurat.



Gambar 4.1 Dimensi Nosel

4.1.6 Perancangan Dimensi Utama Sudu dan *Runner*

Untuk perancangan dimensi ini menggunakan bahan material dari baja untuk pembuatan *runner* sedangkan untuk pembuatan sudu menggunakan material dari nilon *PolyAmide*.

4.1.6.1 Diameter *Runner*

Diameter *runner* dipengaruhi oleh kecepatan keliling dan putaran roda turbin, pada perancangan ini putaran roda turbin (n) dengan putaran generator (n_g) adalah sama. Putaran generator sebesar 500 rpm. Maka diameter *runner* dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} D &= \frac{60 \cdot U}{\pi \cdot n} \\ &= \frac{60 \cdot 4,25 \text{ m/s}}{3,14 \cdot 500 \text{ rpm}} \\ &= 0,162 \text{ m} \\ &= 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga ukuran diameter dalam untuk perencanaan turbin ini sebesar 162 mm.

4.1.6.2 Perhitungan Jumlah Sudu, Z

Jumlah sudu dipengaruhi oleh besarnya diameter *runner* dan besarnya diameter nosel sehingga jumlah sudu dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot d_o} \\ &= \frac{3,14 \cdot 162}{2 \cdot 10,2} \\ &= 24,9 \text{ buah} / 25 \text{ buah} \end{aligned}$$

4.1.6.3 Perhitungan Lebar Sudu, b

Besarnya lebar sudu dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b &= (2,5 - 3,2) d_o \\ &= 3 \times 10,2 \text{ mm} \\ &= 30,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.1.6.4 Perhitungan Panjang Sudu, h

Dengan diketahui besarnya diameter nosel maka dapat dihitung Panjang sudu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h &= 3,5 \times d_o \\ &= 3,5 \times 10,2 \text{ mm} \\ &= 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.1.6.5 Perhitungan Diameter Luar *runner*, D_o

Dengan diketahui diameter *runner* dan panjang sudu, maka diameter luar *runner* dapat diketahui sebagai berikut :

$$\begin{aligned} D_o &= D + 1,2 h \\ &= 162 \text{ mm} + 1,2 \times 35 \text{ mm} \\ &= 204 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.1.6.6 Perhitungan Kedalaman Sudu, t

Kedalaman sudu dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t &= 0,95 \times d_o \\ &= 0,95 \times 10,5 \text{ mm} \\ &= 9,97 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.1.6.7 Perhitungan Lebar Bukaannya Sudu, a

Dengan diketahuinya diameter pancar air maka besarnya kedalaman bukaan sudu dapat dihitung sebagai berikut ;

$$\begin{aligned} a &= (1,2 \times d_o) + 5 \text{ mm} \\ &= (1,2 \times 10,2 \text{ mm}) + 5 \text{ mm} \\ &= 17,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.1.6.8 Perhitungan Kedalaman Bukaannya Sudu, h_1

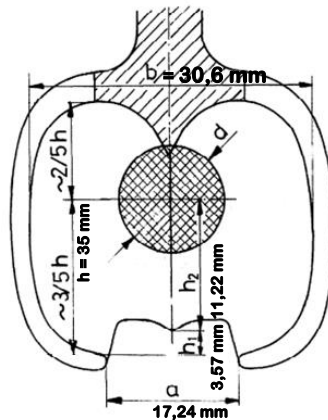
Dengan diketahuinya diameter pancar air maka besarnya kedalaman bukaan sudu dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h_1 &= 0,35 \times d_o \\ &= 0,35 \times 10,2 \text{ mm} \\ &= 3,57 \text{ mm} \end{aligned}$$

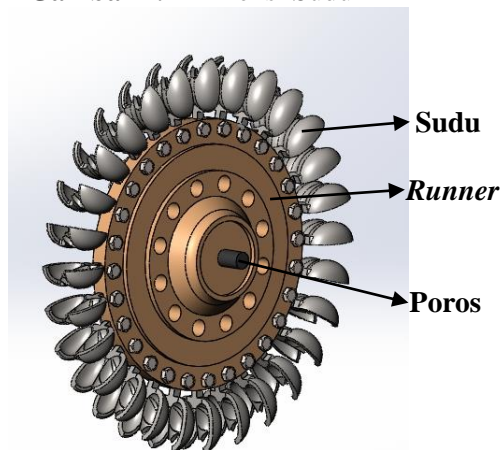
4.1.6.9 Perhitungan Jarak Bukaannya dengan Pusat Pancaran Air, h_2

Dengan diketahuinya diameter pancar air maka jarak bukaan sudu dengan pusat pancaran air dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h_2 &= 1,1 \times d_o \text{ mm} \\ &= 1,1 \times 10,2 \text{ mm} \\ &= 11,22 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.2 Dimensi Sudu



Gambar 4.3 Desain Turbin Pelton

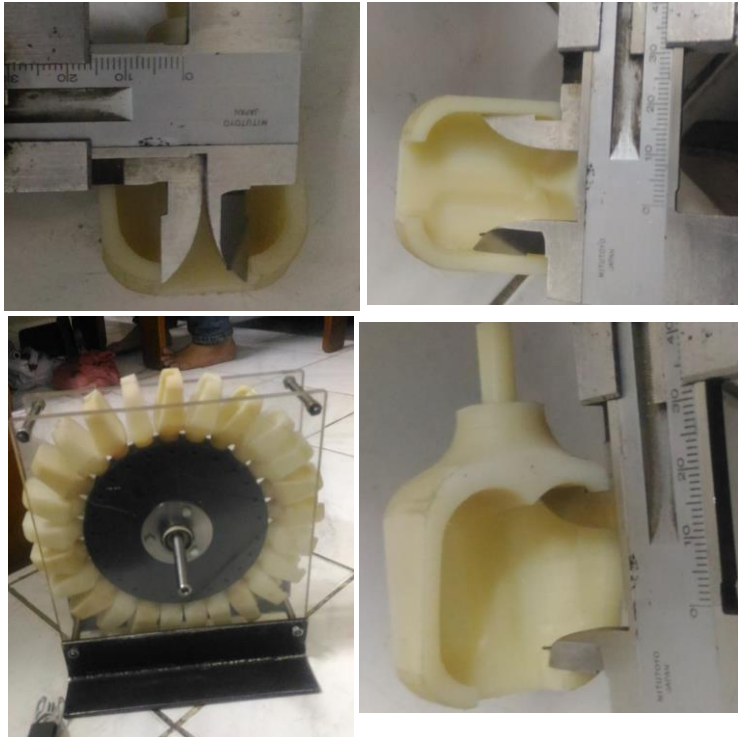
Tabel 4.1 Parameter Hasil Perhitungan Nosel

No	Parameter	Nilai
1.	Kecepatan Pancaran (C_1)	9,7 m/s
2.	Diameter Pancaran Nosel (d_0)	10,2 mm
3.	Luas Pancaran Air (A)	81,67 mm
4.	Jari-jari Bukaannya Nosel (R_1)	7,39 mm
5.	Clearance Antara jarum dengan Nosel (c)	6,5 mm

Tabel 4.2 Parameter Hasil Perhitungan Sudu dan *Runner*

No	Parameter	Nilai
1.	Diameter <i>Runner</i> (D)	162 mm
2.	Jumlah Sudu (Z)	25 Buah
3.	Lebar Sudu (b)	30,6 mm
4.	Panjang Sudu (h)	35 mm
5.	Diameter Luar <i>Runner</i> (D_0)	204 mm
6.	Kedalaman sudu (t)	9,97 mm
7.	Lebar Bukaannya Sudu (a)	17,24 mm
8.	Kedalaman Bukaannya Sudu (h_1)	3,57 mm
9.	Jarak Bukaannya dengan Pusat Pancaran Air (h_2)	11,22 mm

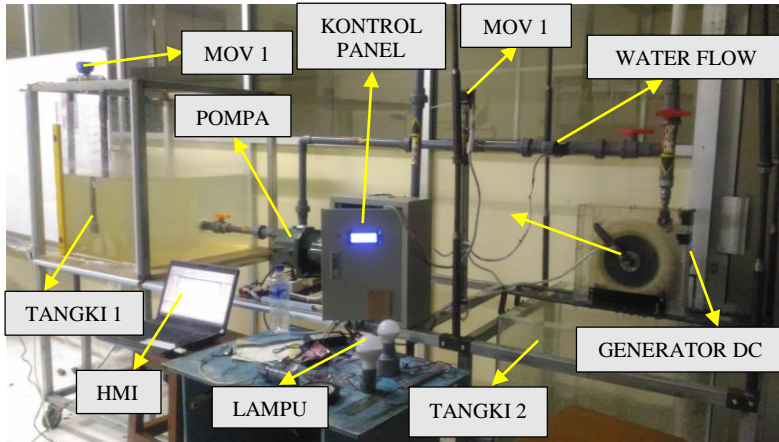
**Gambar 4.4** Hasil Perencanaan Nosel



Gambar 4.5 Hasil Perencanaan Sudu dan *Runner*

4.1.7 Pengujian Performansi Turbin Pelton

Setelah dilakukan perancangan model turbin pelton dan selanjutnya dilakukan untuk mendapatkan performansi turbin pelton. Dalam pengujian ini akan dilakukan perhitungan – perhitungan untuk mendapatkan efisiensi yang dihasilkan generator. Dibawah ini merupakan gambar instalansi plant :



Gambar 4.6 Instalasi Plant

4.1.7.1 Perhitungan Daya Teoritis Turbin dan Generator

Pada perhitungan daya teoritis, nilai yang dibutuhkan adalah daya air (WHP), efisiensi turbin dan generator. Daya air (WHP) yang digunakan sebesar 39,24 Watt, nilai efisiensi sebesar 80% dan Efisiensi generator sebesar 90%. Maka dapat diketahui daya teoritis dari turbin dan generator sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Turbin (P}_t\text{)} &= \mu_t \cdot WHP \\
 &= 0,8 \cdot 39,24 \text{ watt} \\
 &= 31,39 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Generator (P}_g\text{)} &= WHP \cdot \mu_t \cdot \mu_g \\
 &= 39,24 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \\
 &= 28,25 \text{ W}
 \end{aligned}$$

4.1.7.2 Perhitungan Daya Aktual Turbin dan Generator

Pada perhitungan daya aktual, nilai yang dibutuhkan adalah kapasitas air (Q) ketika *plant* dijalankan dan *Head* menggunakan 5 meter untuk perhitungan daya air (WHP) sedangkan untuk perhitungan daya generator nilai yang dibutuhkan adalah tegangan dan arus tanpa beban. Perhitungan daya aktual turbin dan generator adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Pehitungan daya air (WHP)} &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,00044 \cdot 5 \\
 &= 21,58 \text{ W} \\
 \text{Perhitungan Daya Input turbin, } P_t &= \mu_t \cdot WHP \\
 &= 0,8 \cdot 21,58 \\
 &= 17,26 \text{ W} \\
 \text{Perhitungan Daya generator, } P_g &= \frac{V \cdot I}{\cos \varphi \cdot \mu_g} \\
 &= \frac{49,48 \cdot 0,55}{0,8 \cdot 0,9} \\
 &= 37,79 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Daya Teoritis dan Aktual

No	Daya Teoritis (Watt)	Daya Aktual (Watt)
1.	31,39 (Turbin)	21,58 (Turbin)
2.	28,25 (Generator)	17,26 (Generator)

Tabel diatas menunjukkan hasil dari daya teoritis dan daya aktual pada turbin pelton dan generator. Yang paling berpengaruh untuk menentukan besar dari daya tersebut adalah debit aliran air. Semakin besar nilai debit aliran air maka semakin pula daya yang dihasilkan.

4.1.7.3 Pengujian tanpa beban

Dari pengujian yang telah dilakukan turbin pelton menggunakan tanpa beban. Data pengambilan dilakukan 5kali adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Tanpa Beban

No	Arus (Amper)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
1.	0,55	49,48	27,21
2.	0,58	50,13	29,07
3.	0,59	50,31	29,68
4.	0,59	50,60	29,85
5.	0,58	50,03	29,01

Table diatas merupakan pengujian permormasi dari turbin pelton dengan tanpa beban. Pengambilan data dilakukan tiap detik dengan melihat nilai pada display LCD.

4.1.7.4 Pengujian dengan variasi beban

Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap turbin pelton dengan menggunakan variasi beban lampu 5 watt, 7 watt dan 9 watt didapatkan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data Pengujian dengan Variasi Beban

No	Beban (Watt)	Tegangan (volt)	Arus (amper)	Daya (Watt)	Q (l/m)
1.	25	21,38	0,32	6,84	26,75
2.	18	14,75	0,24	3,53	26,75
3.	16	14.82	0,25	3,7	26,75
4.	9	6,92	0,16	1,1	26,75
5.	7	8,53	0,17	1,45	26,75

➤ Perhitungan data hasil pengujian hasil pelton

Dalam contoh perhitungan data hasil pengujian ini menggunakan data no 1 yaitu sebagai berikut :

- Q = 0,00044 m³/s
- Arus = 0,32 A
- Voltage = 21,38 V
- Massa Jenis Air = 1000 kg/m³

$$\begin{aligned}
 1. \text{ WHP} &= \rho . g . Q . H \\
 &= 1000 . 9,81 . 0,00044 . 5 \\
 &= 21,58 \text{ W}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Daya input turbin, Pin :

$$\begin{aligned}
 Pin &= \mu . \text{WHP} \\
 &= 0,8 . 21,58 \\
 &= 17,26 \text{ W}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Daya Output Generator, Pout :

$$Pout = \frac{V . I}{\cos \varphi . \mu_{mekanis}}$$

$$= \frac{21,38 \cdot 0,32}{0,8 \cdot 0,9}$$

$$= 9,5 \text{ W}$$

4. Perhitungan Efisiensi, μ :

$$\mu = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\mu = \frac{9,5}{17,26} \times 100\%$$

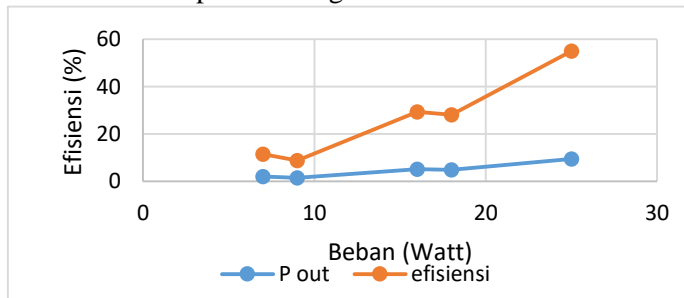
$$\mu = 55,05 \%$$

Dengan perhitungan yang sama dilakukan pada semua data hasil pengujian yang diperoleh, didapatkan hasil perhitungan sebagaiberikut :

Tabel 4.6 Efisiensi Turbin Pelton dengan Beban

No.	Beban(watt)	Q (m3/s)	Pin	Pout	Efisiensi (%)
1.	25	0,00044	17,49	9,5	55,05
2.	18	0,00044	17,49	4,91	28,11
3.	16	0,00044	17,49	5.14	29,38
4.	9	0,00044	17,49	1,53	8,79
5.	7	0,00044	17,49	2,01	11,51

Dari semua data hasil perhitungan maka dapat dibuat grafik efisiensi turbin pelton sebagai berikut :



Gambar 4.7 Grafik Daya – Efisiensi dengan Putaran Konstan

4.2 Pembahasan

Pada Tugas Akhir saya ini yang berjudul rancang bangun turbin pelton pembangkit listrik tenaga mikro hidro skala laboratorium. Desain turbin pelton mengacu pada *studi literatur*, baik jurnal, *paper* dan Tugas Akhir tahun sebelumnya. Untuk bahan pembuatan, sudu dibuat dengan bahan nylon jenis *PA (PolyAmide)*, *runner* dibuat dengan material baja dan nosel dibuat dari bahan besi. Pada turbin pelton ini di beri *gear box* yang disambungkan ke generator agar menghasilkan tegangan yang maksimal. Pada hasil nilai perhitungan parameter turbin, ada ketidaksesuaian dengan hasil alat yang sudah jadi seperti panjang sudu dan lebar bukaan sudu. Pada perhitungan parameter panjang sudu nilainya sebesar 35 mm sedangkan nilai pada panjang sudu yang sudah terbentuk sebesar 32 mm. Pada perhitungan lebar bukaan sudu hasilnya sebesar 17,24 mm sedangkan pada lebar bukaan yang sudah terbentuk sebesar 16 mm.

Ada selisih yang sangat kecil antara hasil perhitungan dan hasil alat yang sudah dibentuk dikarenakan ukuran sudu yang sangat kecil sehingga proses pengerjakannya sangat rumit, keterbatasan mesin pada proses pelubangan sudu dimana pada mesin tersebut ada nilai ukuran tertentu sehingga bisa menyebabkan ketidakcocokan antara hasil perhitungan panjang sudu dan lebar bukaan sudu dengan hasil pada sudu yang sudah dibentuk.

Pada performansi turbin pelton dilakukan dengan 2 variasi. dengan pengujian tanpa beban dan variasi beban (25 W, 18 W dan 16 W, 9 W dan 7 W). Pada pengujian tanpa beban diambil data sebanyak 5 kali dilakukan tiap detik. Nilai (arus, tegangan dan daya) dari pengujian tanpa beban mengalami naik turun dikarenakan hasil perancangan tiap sudu tidak sama dikarenakan pada pembuatannya dilakukan satu persatu dengan mesin bubut. Bentuk tiap sudu tidak sama mengakibatkan putaran pada turbin tidak stabil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari rancang bangun turbin pelton sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohydro ini diperoleh data-data sebagai berikut :

- a. Putaran Spesifik sebesar 3,77 sehingga termasuk dalam jenis turbin pelton ($1 < n_s < 15$ permenit).
- b. Diameter poros yang digunakan adalah sebesar 1 cm.
- c. Jumlah sudu pada turbin pelton berjumlah 25 buah
- d. Bahan yang digunakan untuk pembuatan sudu. menggunakan material nylon jenik PA (PolyAmide)
- e. Daya yang dihasilkan tanpa beban bisa menghasilkan sebesar 29,85 W sedangkan dengan beban 25 W sebesar 6,84 W.
- f. Performansi turbin tidak stabil dikarenakan bentuk dari setiap sudu tidak sama sehingga putaran pada turbin tidak konstan.
- g. Semakin besar pemberian beban maka semakin kecil efisiensinya.

5.2 Saran

Dari pengerjaan Tugas Akhir yang saya lakukan, adapun saran saya supaya Tugas Akhir yang akan datang lebih baik adalah sebagai berikut :

- a. Pada pembuatan Turbin Pelton lebih baik proses pencetakan sudu turbin menggunakan master (cetakan)
- b. Mencari studi literatur yang baik (dari jurnal, paper, buku dan tugas akhir) dan juga referensi standar nasional maupun internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Thobari, Mustaqim, Hadi W. (n.d) *Analisa Pengaruh Putaran Sudut Keluar Sudu Terhadap Putaran Turbin Pelton*. Tegal : Universitas Pancasakti Tegal.
- Andi, S. (2013). *Perancangan dan Pengujian Turbin Kaplan Pada Ketinggian (H) 4 M Sudut Sudu Pengarah 30° Dengan Variabel Perubahan Debit (Q) dan Sudut Sudu Jalan*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Eisenring , M. (1994). *Turbin Pelton Mikro*, terjemahan Sunarto, Edy. M. Jakarta.
- Friska, A. P. (2018). *Analisa Pengaruh Sudut dan Debit Aliran Terhadap Performa Turbin Kaplan*. Volume 1 No. 1. Surabaya : Universitas 17 Agustus Surabaya.
- Hadimi, Supandi, Rohermanto. (2006). *Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini sebagai Media Simulasi/Praktikum Mata Kuliah Konversi Energi dan Mekanika Fluida*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 9(1) : 16-24. Pontianak : Politeknik Negeri Pontianak.
- Juneidy Y.M. (2016). *Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan*. Manado: Politeknik Negeri Manado.
- Ryan, F. (n.d). *Pengaruh Ukuran Diameter Nozzle 7 dan 9 mm Terhadap Putaran sudu dan Daya Listrik Pada Turbin pelton*. Depok : Universitas Gunadarma.
- Sutikno, D. (2011). *Study on Pressure Distribution in the Blade Passage of the Francis Turbine*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 2, No. 2 : 154 – 158. Malang : Universitas Brawijaya.
- Steward Ceri P. (2013). *Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton Untuk Pembangkit Listrik Di Desa Kali Kecamatan Pinelang dengan Head 12 Meter*. Manado : Universitas Sam Ratulangi Manado

Tiar, Riptahadi W.K. (2010). *Perencanaan dan Pembuatan Model Turbin Pelton*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Wibowo, P. (2007) *Turbin Air*, Graha Ilmu : Yogyakarta.

Yogi Surya S.A., Pitojo T.J., Prima H.W., (n.d.) *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Mantika Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan tengah*. Malang : Universitas Brawijaya.

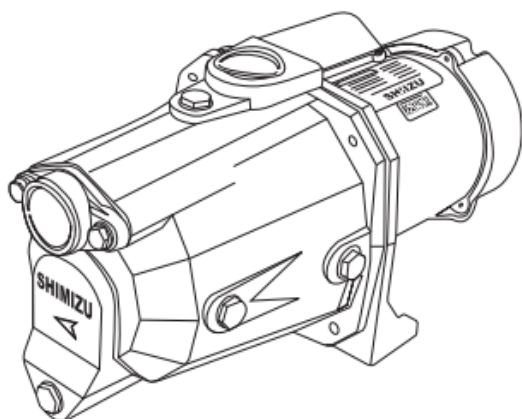
LAMPIRAN

Spesifikasi Pompa

SHIMIZU

PETUNJUK PENGGUNAAN
POMPA AIR LISTRIK
SEMI JET

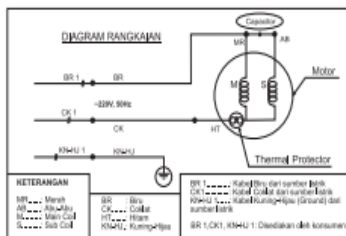
== MODEL : JET-108 BIT ==



BACA SELURUH ISI BUKU PETUNJUK INI SEBELUM
ANDA MENGOPERASIKAN POMPA UNTUK
MENDAPATKAN HASIL YANG OPTIMAL

Tegangan yang diizinkan untuk pompa ini adalah $\pm 10\%$
dari tegangan yang tertulis didalam spesifikasi. Diluar ketentuan ini
dapat memperpendek usia pemakaian pompa

7. CARA PENYAMBUNGAN KABEL



8. KERUSAKAN DAN CARA MEMPERBAIKI

KERUSAKAN	PENYEBAB	CARA MEMPERBAIKI (Tanda : dapat diperbaiki oleh pemakai)
Motor tidak dapat dioperasikan	Thermal protector	*Motor tidak dapat beroperasi bila terlalu panas, tunggu sampai dingin (20–30 menit)
	Kabel suplai putus/rusak	Ganti dengan kabel suplai baru. Jika kabel suplai rusak, penggantianinya harus dilakukan oleh pabrik pembuat atau Pusat Service Station atau Authorized Service Station yang telah ditunjuk (lihat kartu garansi) atau orang yang memiliki kualifikasi dibidang yang sama untuk menghindari bahaya.
	Kerusakan pada motor	Perbaiki motor atau ganti dengan motor baru
	Tegangan listrik terlalu rendah	*Tanyakan pada PLN
Motor beroperasi tapi air tidak ter pompa atau air yang keluar kecil	Permukaan air sumur berada dibawah standar kedalaman.	*Periksa kedalaman permukaan air.

KERUSAKAN	PENYEBAB	CARA MEMPERBAIKI (Tanda * dapat diperbaiki oleh pemakai)
Motor beroperasi tapi air tidak terpompa atau air yang keluar kecil	Udara tersedot kedalam pompa melalui M.Seal atau pipa hisap	Ganti dengan M.Seal baru dan sambungkan pipa dengan rapat
	Tegangan listrik terlalu rendah atau sebaliknya	*Tanyakan pada PLN
Thermal protector berfungsi dengan cepat	Impeller lengket dengan komponen lainnya.	Perbaiki kerusakannya
	Terjadi hubungan singkat pada capacitor	Ganti Capacitor
Air tidak langsung keluar setelah pompa dinyalakan	Udara tersedot kedalam pipa hisap	Perbaiki kebocoran pipa hisap
	Kurang air pancingan	Ulangi tahap pancingan

9. SPESIFIKASI POMPA

POMPA AIR LISTRIK		JET-108 BIT	
U: 1 x 220 V~	50 Hz	H: 21.5 m	Q: 7.50 l/min
80/370 V~	I: 1.6 A	Pipa Dering: 25mm (1")	
n: 2900 min ⁻¹	IPX4	Pipa Hisap: 25mm (1")	

CATATAN

Spesifikasi Generator



BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama Hanif Adi Rahmawan dilahirkan di Jombang pada tanggal 09 Maret 1997. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari orang tua Bapak Gandung dan Ibu Tatik. Penulis menempuh pendidikan formal SMAN 2 Jombang. Kemudian penulis melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi yaitu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, tepatnya di Departemen Teknik Instrumentasi Fakultas Vokasi di tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP

10 51 15 000 00 031.

Di Departemen Teknik Instrumentasi ini penulis aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan seperti di Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Instrumentasi. Pada laporan ini, penulis telah melaksanakan Tugas Akhir Program Studi DIII Teknologi Instrumentasi Departemen Teknik Instrumentasi FV ITS.

Selesainya Tugas Akhir ini diajukan penulis untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Ahli Madya di Departemen Teknik Instrumentasi Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

ahwanhanif01@gmail.com

